

タルクの摩擦特性における間隙水圧の影響

Effect of pore pressure on frictional properties of talc under high normal stress

上原 真一^{1*}, 清水 以知子², 岡崎 啓史³

UEHARA, Shin-ichi^{1*}, SHIMIZU, Ichiko², OKAZAKI, Keishi³

¹ 東邦大学理学部, ² 東京大学理学部, ³ 広島大学大学院理学研究科

¹Faculty of Science, Toho University, ²Faculty of Science, The University of Tokyo, ³Graduate School of Science, Hiroshima University

近年、地震発生のメカニズムや地殻深部の断層の摩擦挙動における流体の影響が注目されている。しかしながら、地殻深部条件、特に岩石が脆性的な挙動から延性的、塑性的な挙動に遷移する条件での岩石力学特性における間隙流体圧の影響には、いまだ不明な点が多い。既存の岩石破壊・摩擦実験の研究成果から、脆性破壊条件においては、一般に、岩石の破壊強度ならびに摩擦強度は有効応力 $\sigma_e = \sigma - P_p$ に依存すると考えられている(有効応力の法則)。ここでは岩石に働く全応力、 P_p は間隙流体圧であり、 σ_e は 0 から 1 の間の値をとり、脆性破壊条件においては 1 に近いことが知られている。一方で、塑性変形条件においては、間隙圧は岩石と等しくなると考えられており、この場合間隙流体圧の影響は脆性破壊条件におけるものと大きく異なることが予想される [1]。これらの中間の領域での間隙流体圧の影響については、よくわかっていないのが現状である。

本研究では、岩石の脆性?塑性変形遷移領域付近における、岩石の摩擦強度における間隙流体圧の影響を評価するための第一歩として、比較的封圧・低温条件で延性、塑性変形をする岩石であるタルク(滑石、中国広西地方原産)を用いて、封圧と間隙水圧を制御した室内摩擦実験を行った。例えば断層面の凹凸が降伏しやすい条件では、岩石がどういった応力履歴を経たかによって接触率などの状態が依存することが考えられる。そこで本発表では、岩石に封圧、間隙率をどのように与えたか(応力経路)がタルクの摩擦強度に与える影響に注目した予察の実験結果について紹介する。

実験に用いた試料は、タルクの直径 20mm の円柱試料を、軸に対して 60° に切断したものである。切断面は # 400 のカーボラダムで研磨した。切断面の間隙水圧を制御できるように、試料には軸方向に直径約 3mm の穴を開けた。タルクの摩擦における間隙圧の影響、ならびに応力の載荷履歴の影響を調べることを目的に、(a) 間隙水圧 $P_p=0\text{MPa}$ で一定とし、封圧 P_c を 10MPa から 110MPa まで増加させ、10MPa に戻す、(b) $P_c=110\text{MPa}$ で一定とし、 P_p を 100MPa から 0MPa まで減少させ、再び 100MPa に戻す、(c) $P_c=110\text{MPa}$ で一定とし、 P_p を 0MPa から 110MPa まで増加させる、(d) $P_c=110\text{MPa}$ で一定とし、せん断させない状態で P_p を 100MPa のまま 1 時間おき、その後 $P_p=0\text{MPa}$ まで減少させ、せん断する、という、いくつかの応力経路で実験を行った。応力経路 (b) での結果を (a) のものと比較したところ、ある程度定常に達した際のせん断応力と垂直応力の関係は、 $\sigma_e = \sigma - P_p$ とした場合の有効応力の法則で良く説明できることがわかった。一方、応力経路 (c) の結果は、 $\sigma_e = \sigma - P_p$ ではうまく説明できない。応力経路 (d) の結果は、定常すべりでのせん断応力は (a) の結果とほぼ一致するが、せん断過程におけるピーク応力は (a) のものよりも 1.5 倍程度高くなった。これらの結果は、本実験条件では、タルクのせん断応力およびその間隙流体圧の影響は応力経路に依存し、場合によっては有効応力の法則を単純に適用することはできない可能性を示唆する。

謝辞: 広島大学の片山郁夫准教授と産業技術総合研究所の高橋美紀博士には、ガス圧式三軸変形試験機を使用させていただき、また有益な議論および示唆をいただいた。ここに記して感謝する。また、本研究の一部は科研費新学術領域研究「地殻流体」の助成を受けたものである。

参考文献

[1] 清水, 月刊地球, 32, 3 (2010)

キーワード: 断層の力学特性, 脆性 - 塑性遷移, 有効応力の法則, タルク, 摩擦実験

Keywords: fault mechanics, brittle-plastic transition, effective stress law, talc, friction experiment